



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06099369 A**(43) Date of publication of application: **12.04.94**

(51) Int. Cl. **B25J 5/00**
B25J 13/00
B62D 57/024
G05D 1/00

(21) Application number: **04196742**(22) Date of filing: **23.07.92**(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor: **KOYAMA MASAHIRO**
SUGA KAZUTOSHI

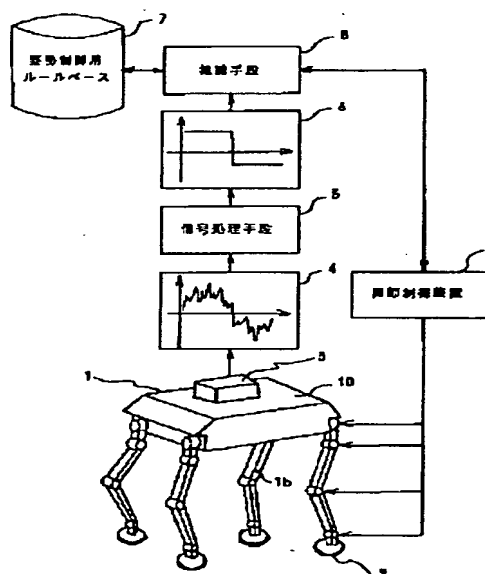
(54) **MULTILEG WALKING MECHANISM AND**
ATTITUDE CONTROL METHOD THEREOF

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide an attitude control method whereby a multileg walking mechanism can be stably moved while maintaining a desired attitude of the body corresponding to various disturbances in an arbitrary field.

CONSTITUTION: An attitude of the body 1a of a multileg walking mechanism 1 is detected by an attitude sensor 3, and from a signal detected here, an attitude fluctuation of the body is abstracted by using a signal processing means 5d. A leg 1b of making action, which is a cause of generating the attitude fluctuation, is estimated in an inference means 8, and by referring to an attitude controlling rule base 7 of prestoring a rule for specifying correcting action, the correcting action for restoring an attitude is performed by the estimated leg. Here by an articulatory control unit 9, a command is fed to the estimated leg, to execute the correcting action.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(11)特許出願公開番号

特開平6-99369

(43)公開日 平成6年(1994)4月12日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

B 2 5 J 5/00

E 8611-3F

C 8611-3F

$$Z$$

13/00

B 6 2 D 57/024

B 6 2 D 57/ 02

J

審査請求 未請求 請求項の数12(全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平4-196742

(22)出題日

平成4年(1992)7月23日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72)発明者 小山 昌宏

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内

(72)発明者 菅 和俊

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

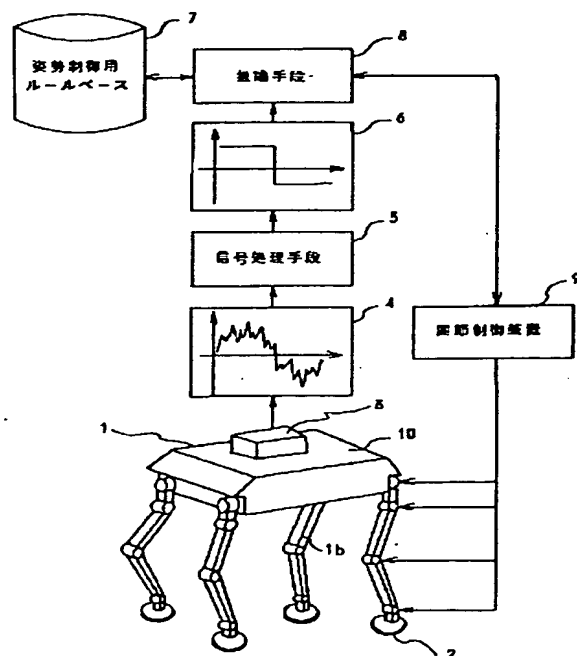
(54)【発明の名称】 多脚歩行機構及びその姿勢制御方法

(57) 【要約】

【目的】多脚歩行機構が任意のフィールドにおいて、様々な外乱に対応し、所望の胴体姿勢を維持しつつ、安定に移動しうる姿勢制御方法を提供する。

【構成】多脚歩行機構 1 の胴体 1 a の姿勢を姿勢センサ 3 により検出し、ここで検出した信号から胴体の姿勢変動を信号処理手段 5 を用いて抽出する。そして、姿勢の変動を生じさせる原因となった動作を行った脚 1 b を推定 8 し、修正動作を規定するルールを予め格納した姿勢制御用ルールベースを参照して、推定した脚に姿勢を回復するための修正動作を行わせる。この際、関節制御装置 9 より、推定した脚に指令が送られて、上記修正動作が実行される。

图 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】胴体と、この胴体に取り付けられた関節部を有する複数の歩行脚と、この複数の歩行脚の関節部を制御する関節制御装置とを備えた多脚歩行機構において、前記胴体のロール角及びピッチ角の少なくとも一方の角度を検出する姿勢検出手段と、該姿勢検出手段が検出した姿勢信号を信号処理する信号処理手段と、前記多脚機構の安定歩行の推論規範を格納した格納装置と、前記信号処理手段の出力を前記格納装置に格納した推論規範を用いて推論する推論手段とを設け、前記関節制御装置は該推論手段の出力信号に応じて前記歩行脚を制御することを特徴とする多脚歩行機構。

【請求項2】前記姿勢検出手段を、ジャイロ스코プとしたことを特徴とする請求項1に記載の多脚歩行機構。

【請求項3】前記姿勢検出手段を、振子式の傾斜角検出器としたことを特徴とする請求項1に記載の多脚歩行機構。

【請求項4】前記姿勢検出手段を、複数の距離センサより構成したことを特徴とする請求項1に記載の多脚歩行機構。

【請求項5】胴体と、この胴体に取り付けられた関節部を有する複数の歩行脚と、この複数の歩行脚の関節部を制御する関節制御装置とを備えた多脚歩行機構の姿勢制御方法において、前記胴体のロール角及びピッチ角の少なくとも一方の角度を検出する姿勢検出手段から前記胴体の姿勢を検出し、該姿勢検出手段が検出した姿勢信号を信号処理して前記胴体の準静的な傾きを求め、この傾きと前記多脚歩行機構の安定歩行の推論規範とから、前記歩行脚の姿勢制御信号を得、該信号を前記歩行脚に出力し、前記姿勢を回復させることを特徴とする多脚歩行機構の姿勢制御方法。

【請求項6】前記姿勢制御信号に応じて胴体が平衡位置になるように、前記歩行脚に伸縮動作を指示することを特徴とする請求項5に記載の多脚歩行機構の姿勢制御方法。

【請求項7】前記姿勢信号の信号処理は、一定時間毎の平均値を求めて行うことを特徴とする請求項5に記載の多脚歩行機構の姿勢制御方法。

【請求項8】前記胴体の姿勢の変動が検知される直前の一定期間に振り上げ及び踏み降ろし運動を行っていた支持脚が、前記胴体の姿勢の変動を起こしたと推定する前記推論規範により、該支持脚に姿勢回復の修正動作を行わせる姿勢制御信号を出力することを特徴とする請求項5に記載の多脚歩行機構の姿勢制御方法。

【請求項9】前記胴体の姿勢を回復する修正動作は、前記胴体を基準位置に戻すように、支持脚をその場で伸縮させるものであることを特徴とする請求項5に記載の多脚歩行機構の姿勢制御方法。

【請求項10】胴体の姿勢を回復するための修正動作を

行うタイミングは、1歩行周期毎であることを特徴とする請求項5に記載の多脚歩行機構の姿勢制御方法。

【請求項11】前記胴体の姿勢を回復する修正動作を行うタイミングは、1/2歩行周期毎であることを特徴とする請求項5に記載の多脚歩行機構の姿勢制御方法。

【請求項12】前記胴体の姿勢を回復する修正動作を行うタイミングは、各脚の振り上げ及び踏み降ろし運動が完了する毎であることを特徴とする多脚歩行機構の姿勢制御方法。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は多脚歩行機構に係り、例えば、各種プラント設備などの建屋内環境を移動する点検ロボットや搬送ロボット、屋外環境を移動する各種作業ロボットに好適な多脚歩行機構及びその姿勢制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の技術は、計測自動制御学会論文集第16巻第5号（昭和53年10月発行）の133頁から139頁に記載の論文「4足歩行機械の基本的運動調整系の構成と歩行実験」に示されているように、振子式の姿勢検出器から胴体の傾斜信号を取りだし、これにより傾斜して低くなった側の支持脚を反射的に一定距離押し下げるという動作を繰り返すことにより、胴体を常に水平に保つというものであった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術は、比較的低速で、静的に安定を保ちながら歩行する4足歩行ロボットにおいて、歩行環境の地形によらず、常に胴体を水平に保つためのものであるが、実際に歩行ロボットをある程度の速さで、床面あるいは不整地で歩行させると、ロボット自体が歩行中に大きな加減速を行うこと、床面あるいは不整地の歩行に伴うロボット全体の振動が大きくなることなどにより、姿勢センサからの信号には、かなりの検出誤差が含まれており、この検出信号をそのまま姿勢制御に利用することは困難であった。

【0004】さらに、上記従来技術では、胴体が傾斜して低くなった側の支持脚を押し下げるだけで、胴体を水平に保とうとしている。そのため、ある脚を必要以上に押し下げたのが原因で、胴体に逆方向の傾斜が発生したときには、傾斜して低くなった側の脚を逆に押し下げることで、胴体を全体的に押し上げることになってしまい、これを繰り返すうちに、ある程度まで胴体の高さが増すと、歩行を継続することが不可能になって、歩行が破綻してしまうという問題があった。

【0005】本発明は、上記従来技術の問題点を解決して、多脚歩行機構が屋内外を問わず任意のフィールドにおいて、様々な外乱に対応し、所望の胴体姿勢を維持しつつ、安定に歩行を継続して移動しうる多脚歩行機構及びその姿勢制御方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的は、多脚歩行機構の胴体の姿勢を、胴体のロール角及びピッチ角の少なくともいずれかから姿勢検出手段によって検出する。そして、この検出された胴体の姿勢の情報から、信号処理手段を用いてノイズ成分を除く。これにより胴体の準静的な姿勢の変動量を得、この胴体の姿勢の変動量が、所望の胴体姿勢を維持しつつ安定に歩行を継続する上で、許容できる範囲内に入っていない場合には、予め定めた推論規範を用いて、姿勢の変動を生じさせる原因となった動作を行った1つまたは複数の脚を推定し、これらの脚に姿勢を回復するための修正動作を行わせることによって達成される。

【0007】

【作用】姿勢検出手段より、多脚歩行機構の胴体の姿勢としての胴体のロール角またはピッチ角またはその双方を検出する。そして、信号処理手段において、姿勢検出手段から検出された胴体の姿勢の情報から検出誤差を取り除き、胴体の姿勢の変動を抽出する。その後、この胴体の姿勢の変動が、多脚歩行機構が所望の胴体の姿勢を維持しながら安定に歩行を継続する上で、許容できる所定の範囲内に入っていなければ、推論規範を用いて姿勢の変動を生じさせる原因となった動作を行った1つまたは複数の脚を推定し、これらの脚に姿勢を回復するための修正動作を行わせる命令を関節制御装置に発し、他脚歩行機構の安定歩行を可能にする。

【0008】ここで、推論規範は各歩行脚の基準位置からのずれ角と、各歩行脚間のずれ角の正負の関係に応じて予め定められたテーブルとなっている。

【0009】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

【0010】図1は、本発明に係る多脚歩行機構の姿勢制御方法を模式的に表すブロック図である。多脚歩行機構1は、例えば、各種プラント設備などの建屋内環境を移動する点検ロボットや搬送ロボット、屋外環境を移動する作業ロボットであり、その胴体1aには、4関節を有する歩行脚1bが4本備えられている。なお、これらの脚には便宜上、番号を振っており、右前側の脚を第1脚、右後側の脚を第2脚、左後側の脚を第3脚、左前側の脚を第4脚としている。また、各脚の足底面には、歩行面との接地を検出するための接地センサ2が設けられている。

【0011】さらに、多脚歩行機構1の胴体には、歩行状態を検出する手段の1つとして、胴体の進行方向の軸まわりの傾斜角（ロール角）及び胴体の横幅方向の軸まわりの傾斜角（ピッチ角）を検出するための姿勢センサ3が搭載されている。この姿勢センサ3は、例えば、無接触型傾斜角検出器であり、角度センサに直線変位用の磁気抵抗素子を用い、磁石と振子の組み合わせで鉛直から

の傾斜角を無接触に電圧に変換するものとか、あるいはジャイロスコープとかである。

【0012】図2は、本実施例において用いられるロール角の符号の定義を示すもので、進行方向に対して右側に傾いた場合を正、左側に傾いた場合を負としている。同様に、図3は、ピッチ角の符号の定義を示すもので、胴体の前側に傾いた場合を正、後側に傾いた場合を負としている。

【0013】姿勢センサ3によって検出される検出信号4は、多脚歩行機構自体が歩行中に大きな加減速を行うこと、歩行に伴い多脚歩行機構全体の振動が大きいことに起因して、かなりの検出誤差を含んでおり、そのままの値が胴体の傾斜角の正確な値を表してはいない。信号処理手段5は、この検出誤差を取り除くためのもので、例えば、移動平均法を用いて検出信号の振動成分を取り除くものや、あるいは一定時間毎の平均値から胴体の姿勢の変動を抽出するものであり、姿勢制御に利用可能な抽出姿勢変動6を得る手段である。

【0014】姿勢制御用ルールベース7は、抽出した姿勢変動6の変動量が、多脚歩行機構1が所望の胴体の姿勢を維持しつつ安定に歩行を継続する上で、許容できる所定の範囲内に入っていないときに、姿勢の変動を生じさせる原因となった動作を行った1つまたは複数の脚を推定し、これらの脚に姿勢を回復するための修正動作を行わせる手順を予め規定したルールが格納されたデータベースである。

【0015】推論手段8では、歩行中における抽出姿勢変動6を常時モニタしており、姿勢制御用ルールベース7のルールに従って、姿勢の変動を生じさせる原因となった動作を行った1つまたは複数の脚を推定し、これらの脚に姿勢を回復するための修正動作の命令を関節制御装置9に発する。

【0016】次に、図4から図9を用いて、多脚歩行機構の姿勢制御方法の具体的な内容について説明する。図4に示した姿勢センサの検出信号は、クローल歩容で静歩行したときのロール角のデータであり、この歩容特有のリズムが角度変化の傾向に表れている。

【0017】図5は脚位置と重心の関係を上方より見た図である。初めに、4脚で立っていた(10)4脚歩行機構は、移動のためにまず第2脚を振り上げ(11)、次いで、第2脚を振り降ろして代わりに第1脚を振り上げる(12)。ここで、右側の脚の移動が姿勢に及ぼす影響を打ち消すために、胴体横振り運動を行い(13)、左側の脚の移動に移る。次に、第3脚を振り上げ(14)、その後、第3脚を振り降ろして代わりに第4脚を振り上げる(15)。ここで、左側の脚の移動が姿勢に及ぼす影響を打ち消すために、再び、胴体横振り運動を行い(16)最初の姿勢に戻る。すなわち、クロール歩容では、第2脚遊脚、第1脚遊脚、第3脚遊脚、第4脚遊脚の順に1脚ずつ宙に浮かせ、残り3脚で自重を

支え、静的な安定性を保ちながら、前進運動を行う。このように4つの脚の運動が一通り完了するのに要する期間を1歩行周期と呼ぶ。以下、本実施例では、多脚歩行機構の歩き方として、クローल歩容を例にとり、姿勢制御方法について説明する。

【0018】クローल歩容では、ロボットの重心を支持脚（以下、立脚とする）の接地点で囲まれる安定領域内に入れるために、第2脚を振り出す前と第3脚を振り出す前に、4脚とも接地した状態で、胴体の横振り運動

（丸数字1, 4, 7）を行う。このため、図4に示すように、第2脚の振り出し（丸数字2）始めと第3脚の振り出し（丸数字5）始めには、直前の胴体の横振り運動の影響で、胴体を振った方向にやや大きめのロール角の変化が現われる。

【0019】また、ロール角変化は規則性を有し、歩行周期前半にあたる第2脚、第1脚の振り出し及び踏み降りし運動（以下、遊脚運動）（丸数字2, 3）の期間と、歩行周期後半にあたる第3脚、第4脚の遊脚運動（丸数字5, 6）の期間のロール角データは、互いに符号を反転した関係になっている。このことは、歩行周期前半と後半の脚の動作が左右対称であることと合致している。

【0020】そこで、このような歩行リズムに対応した一定時間毎のロール角の平均をとることにより、データから振動成分を取り除き、ロール角変化の大きさの安定した判定ができるようにする。本実施例では、ロール角の平均を、（1）歩行周期前半、後半ごとの平均をとる（1/2歩行周期毎平均）、（2）各脚の遊脚運動の期間ごとの平均をとる（1/4歩行周期毎平均）、という2つの方法を用いて求めている。

【0021】図4には、ロール角の1/2歩行周期毎の平均及び1/4歩行周期毎の平均のグラフを並記しているが、このように歩行リズムに対応した一定時間毎の平均を検討することにより、胴体姿勢の傾きの大きさを判定することができる。ロール角の平均についても、検出データ同様、歩行周期前半と後半で、ちょうど0度軸（左右の平衡位置）に関して、ほぼ対称な形状になっており、ロール角変化の規則性が表れている。

【0022】図4は歩行開始直後のデータであるが、1歩行周期分の歩行を完了したときの姿勢は、ほぼ本来の正常な姿勢になっている。このような正常な歩行においても、規則性をもった小さな角度変化を伴っていることが分かる。

【0023】図6に歩行開始から2歩分のロール角データを示す。図6では、途中から胴体姿勢が進行方向に対して左側に傾いている。ロール角変化の規則性は、胴体姿勢が傾いても認められるが、1/2歩行周期毎及び1/4歩行周期毎の平均ロール角からもわかるように、全体的にロール角は負方向に変化しており、胴体姿勢が左側に傾いてきている。

【0024】このような姿勢変化は、図7に示すような機構で発生すると考えられる。まず、多脚歩行機構各部の変形や関節サーボ系のバラツキにより足先の位置決めに誤差が生じ、また、歩行に伴い多脚歩行機構自体が加減速運動を行い、歩行中に胴体に傾動が生じる（図7のa参照）。さらに、足底が接地する面の基準面からの高さを足底の接地センサの情報から判定する際に、この胴体傾動が誤差を生む原因となり、この誤差が結果として、胴体の傾き（ θ ）となる（図7のb参照）。

【0025】図7の場合は、胴体の右方向への傾動のため、左の脚（遊脚）の足底が接地する際、脚を余分に伸ばさないと足底の接地が得られない。すなわち、足底の接地面の高さを実際の床面よりも低く判定してしまう。その結果、左側の腰高さが余分に高くなり、胴体の右方向への傾きが残ることとなる。

【0026】すなわち、遊脚が接地したとき、実際の接地面よりも高い面であると判定した場合には、その脚の腰高さが他の腰部の高さよりも低くなり、結果として、胴体はその脚の方向へ傾いてしまう。逆に、実際の接地面よりも低い面であると判定した場合は、その脚の腰高さが高くなり、胴体はその脚の反対側に傾く。

【0027】実際、図6の場合も、1歩目の最後の遊脚である第4脚が接地したときに接地面の高さを実際よりも高く判定しており、この結果、第4脚に腰高さ不足が生じ、2歩目の胴体の左側への傾きを引き起こしている。なお、図6中に、このような足底の接地面高さの判定誤差が生じた時点を上向きの矢印で示している。

【0028】図6のような胴体姿勢の大きな傾きにつながる予兆を、歩行中の姿勢センサ情報から汲み取ることができれば、それに対応して胴体姿勢の傾きを抑える修正動作を行うことができる。以上述べたように、姿勢センサのロール角データそのものは、大きな振動成分を含んでおり、そのままの値を歩行制御に用いるのは困難である。しかし、1/2歩行周期毎あるいは1/4歩行周期毎の平均値を求めると、胴体姿勢の変化の傾向は顕著に表れる。そこで、これらの平均値の大きさに着目し、胴体の大きな傾きにつながらないための平均ロール角の許容範囲を設定する。

【0029】まず、1/2歩行周期毎の平均ロール角の許容範囲を求めた結果を図8に示す。図8では、胴体の平均ロール角の許容範囲を ± 0.5 度（許容範囲の幅を1度）と設定し、図中、 A_1 , A_2 の点で姿勢制御を行った。

【0030】次に、1/4歩行周期毎の平均ロール角の許容範囲を求めた結果を図9に示す。図9では、ロール角変化の規則性に合わせて、1/4歩行周期毎にロール角許容範囲を変えている。これを、図中、 $B_1 \sim B_4$ の時点で行う。ただし、クローल歩容の胴体の横振り運動の直後は、横振り方向へ一時的に胴体の傾斜が生じるので、許容範囲を設定する際に、歩行リズムによるロール

角変化の規則性をも考慮に入れている。ただし、許容する角度の範囲は、いずれの遊脚運動においても等しい値とし、図8と同様に1度とした。

【0031】このようにロール角の平均値が許容範囲内に入っていない場合に、胴体姿勢を回復する修正動作を行うようにすれば、胴体姿勢の傾きを抑えることができる。

【0032】上記した本発明の姿勢制御方法を用いた第1の実施例である、1/2歩行周期毎にロール角の平均値を求めた場合について説明する。この場合、1/2歩行周期毎のロール角の平均値が図8に示した許容範囲に入っていないければ、胴体姿勢の回復のための修正動作を行う。

【0033】歩行周期前半の胴体姿勢の変化には、その1歩前の歩行周期後半の接地面高さの判定誤差の影響が出ていると考えられる。同様に、歩行周期後半の胴体姿勢の変化には、その直前の歩行周期前半の接地面高さの判定誤差の影響が出ていると考えられる。

【0034】したがって、歩行周期前半が終了した時点で、胴体ロール角の平均値が図8に示した許容範囲内に入っていない場合には、その1歩前の歩行周期後半の遊脚運動に用いた第3脚、第4脚について修正動作を行い、胴体姿勢の回復を図るのが適当である。同様に、歩行周期後半が終了した時点では、その直前の歩行周期前半に遊脚運動を行っていた第1脚、第2脚の修正動作を行うのがよい。

【0035】また、胴体姿勢の回復のための修正動作は、ロール角の変化を打ち消すように行えばよい。すなわち、胴体が右側に傾けば、右側の脚（第1脚、第2脚）を伸ばすか、左側の脚（第3脚、第4脚）を縮めればよく、胴体が左側に傾けば、左側の脚を伸ばすか、右側の脚を縮めればよい。

【0036】以上のように、姿勢の変動を生じさせる原因となった動作を行った脚を特定し、胴体の傾斜の方向に応じて、その脚を伸ばすあるいは縮めるという修正動作を決定するようにすれば、姿勢制御をするために胴体の高さが一方的に高くなっていくというような問題は解消される。

【0037】そこで、本実施例では、次のようなルールに基づいて修正動作を行う。なお、修正動作を行うタイミングは、歩行周期前半終了時と後半終了時の2回で、図8中にA₁、A₂として表した。

【0038】第1脚の遊脚運動が終了したとき、すなわち歩行周期の前半が終了したときに、歩行周期前半の平均ロール角が、許容ロール角の上限（+0.5度）を上回ったならば、第3脚、第4脚を縮め（ルール1）、許容ロール角下限（-0.5度）を下回ったならば、第3脚、第4脚を伸ばす（ルール2）。

【0039】第4脚の遊脚運動が終了したとき、すなわち歩行周期の後半が終了したときに、歩行周期後半の平

均ロール角が、許容ロール角の上限（+0.5度）を上回ったならば、第1脚、第2脚を伸ばし（ルール3）、許容ロール角下限（-0.5度）を下回ったならば、第1脚、第2脚を縮める（ルール4）。そして、このルールを姿勢制御用ルールベースに格納して、各関節の制御に用いる。

【0040】第2の実施例として、1/4歩行周期毎にロール角の平均値を取り、その値が図9に示した許容範囲に入っていないければ、胴体姿勢の回復のための修正動作を行うことを特徴とする姿勢制御方法について説明する。

【0041】1/4歩行周期毎に胴体姿勢の変化を見た場合も、1/2歩行周期毎の場合と同様に、直前に遊脚運動していた脚の接地面高さの判定誤差が、次の1/4歩行周期における胴体姿勢の変化を引き起こしていると考えられる。したがって、ある1/4歩行周期での胴体ロール角の平均値が、図9に示した許容範囲内に入っていないときは、その直前の1/4歩行周期に遊脚運動していた脚の修正動作を行うのが適当である。

【0042】よって、本姿勢制御方法では、次のようなルールに基づいて修正動作を行う。なお、修正動作のタイミングは、各脚の遊脚運動終了時で、それぞれB₁、B₂、B₃、B₄で、図9中に示した。

【0043】第2脚の遊脚運動が終了したとき、すなわち最初の1/4歩行周期が終了したとき、最初の1/4歩行周期の平均ロール角が、許容ロール角上限（0度）を上回ったならば、第4脚を縮め（ルール1）、許容ロール角下限（-1.0度）を下回ったならば、第4脚を伸ばす（ルール2）。

【0044】第1脚の遊脚運動が終了したとき、すなわち第2の1/4歩行周期が終了したとき、第2の1/4歩行周期の平均ロール角が、許容ロール角上限（+0.5度）を上回ったならば、第2脚を伸ばし（ルール3）、許容ロール角下限（-0.5度）を下回ったならば、第2脚を縮める（ルール4）。

【0045】第3脚の遊脚運動が終了したとき、すなわち第3の1/4歩行周期が終了したとき、第3の1/4歩行周期の平均ロール角が、許容ロール角上限（+1.0度）を上回ったならば、第1脚を伸ばし（ルール5）、許容ロール角下限（0度）を下回ったならば、第1脚を縮める（ルール6）。

【0046】第4脚の遊脚運動が終了したとき、すなわち第4の1/4歩行周期が終了したとき、第4の1/4歩行周期の平均ロール角が、許容ロール角上限（+0.5度）を上回ったならば、第3脚を縮め（ルール7）、許容ロール角下限（-0.5度）を下回ったならば、第3脚を伸ばす（ルール8）。

【0047】上記第1の実施例と同様に、本ルールをも姿勢制御用ルールベースに格納して、関節制御装置の制御に用いる。

【0048】なお、以上の実施例では、多脚歩行機構として、4脚歩行ロボットを例にとって説明したが、他の多脚歩行機構の場合でも、同様にして、姿勢を制御することができる。

【0049】また、以上の実施例では、多脚歩行機構の歩き方として、クローल歩容を例にとって説明してきたが、クローल以外の歩容で歩く場合でも、図8、図9のような胴体ロール角の許容範囲と、姿勢の修正動作を行うタイミングを適切に設定しておけば、同様にして、姿勢を制御することができる。

【0050】また、以上の実施例では、胴体の姿勢検出手段として、振子式の傾斜角検出器またはジャイロ스코ープを用いているが、その他の手段、例えば、2つ以上の距離センサを用いて、胴体と床面または天井との距離を検出し、この距離の差から角度を算出する方法などを用いることもできる。

【0051】また、以上の実施例では、胴体のロール角の制御を例にとって説明してきたが、これがピッチ角の場合や、ロール角とピッチ角の組合せの場合にも、同様の手法で、容易に対応することができる。

【0052】さらに、以上の実施例では、胴体の姿勢センサの信号処理手段として、1/2歩行周期毎の平均値、1/4歩行周期毎の平均値をとる方法を用いたが、これらの代りに、1歩行周期毎の平均値をとる方法や移動平均法を用いて信号処理する方法も可能である。

【0053】

【発明の効果】本発明によれば、多脚歩行機構の胴体の姿勢を姿勢検出手段によって検出し、信号処理手段を用いて、検出した胴体の姿勢の情報から検出誤差を取り除くことによって胴体の姿勢の変動を抽出する。そして、この胴体の姿勢の変動が、所望の胴体姿勢を維持しながら、歩行を継続する上で許容できる範囲内に入っていないときに、姿勢変動の原因となる動作を行った脚を推定し、これらの脚に姿勢を回復するための適切な修正動作を推論規範を用いて施す。これにより、修正動作により

胴体の高さが一方的に高くなり、歩行継続が不可能になる事態を防止することができる。そして、多脚歩行機構が屋内外を問わず任意のフィールドにおいて、様々な外乱に対応し安定に歩行を継続して移動することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の多脚歩行機構の姿勢制御方法を模式的に表すブロック図である。

【図2】多脚歩行機構の胴体のロール角の符号の定義を模式的に説明する図である。

【図3】多脚歩行機構の胴体のピッチ角の符号の定義を模式的に説明する図である。

【図4】多脚歩行機構の胴体に搭載した姿勢センサが検出した1歩分のロール角変化、及びそれに平均化処理を施した例を示す図である。

【図5】4脚歩行を例にとった、クローल歩容を模式的に説明する図である。

【図6】多脚歩行機構の胴体に搭載した姿勢センサが検出した2歩分のロール角変化、及びそれに平均化処理を施した例を示す図である。

【図7】多脚歩行機構の胴体の姿勢変化が生じる過程を模式的に説明する図である。

【図8】多脚歩行機構の1/2歩行周期毎の平均ロール角の許容範囲を示す図である。

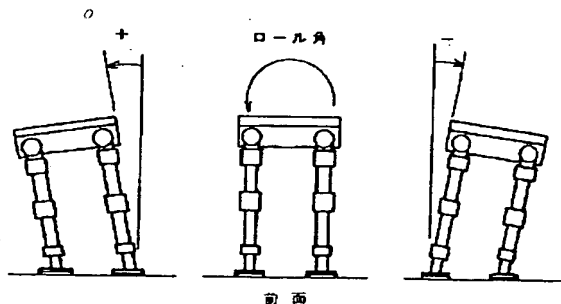
【図9】多脚歩行機構の1/4歩行周期毎の平均ロール角の許容範囲を示す図である。

【符号の説明】

1・・・多脚歩行機構、2・・・接地センサ、3・・・姿勢センサ、4・・・検出信号、5・・・信号処理手段、6・・・抽出姿勢変動、7・・・姿勢制御用ルールベース、8・・・推論手段、9・・・関節制御装置、10・・・胴体の横振り運動、11・・・第2脚の遊脚運動、12・・・第1脚の遊脚運動、13・・・胴体の横振り運動、14・・・第3脚の遊脚運動、15・・・第4脚の遊脚運動、16・・・胴体の横振り運動。

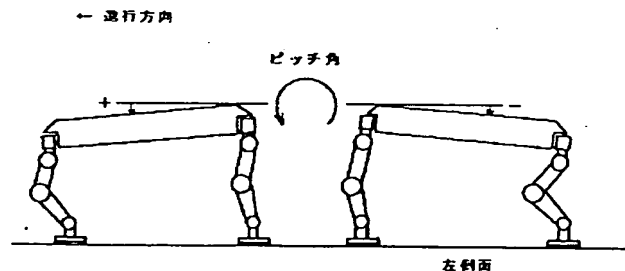
【図2】

図 2



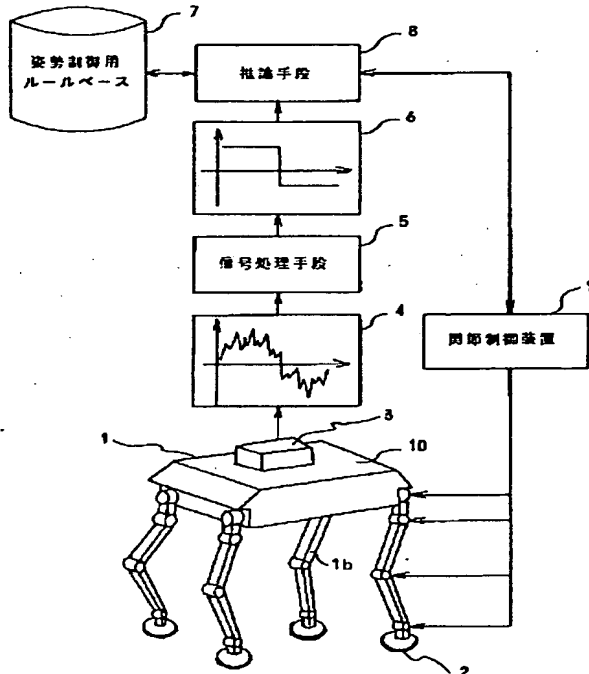
【図3】

図 3



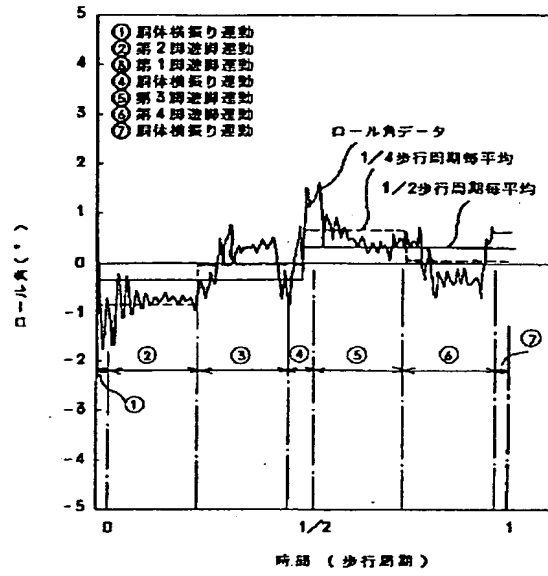
【図1】

図 1



【図4】

図 4



【図7】

図 7

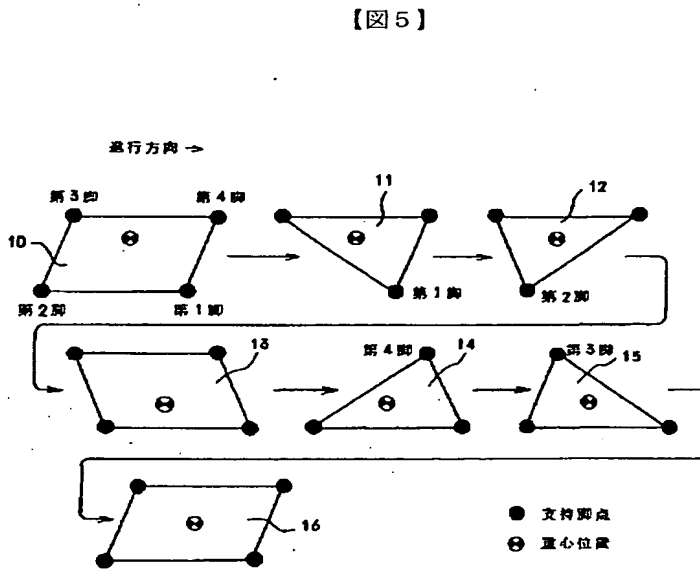
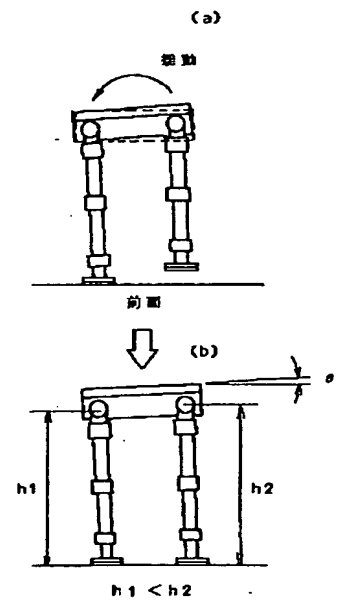


図 7



【図6】

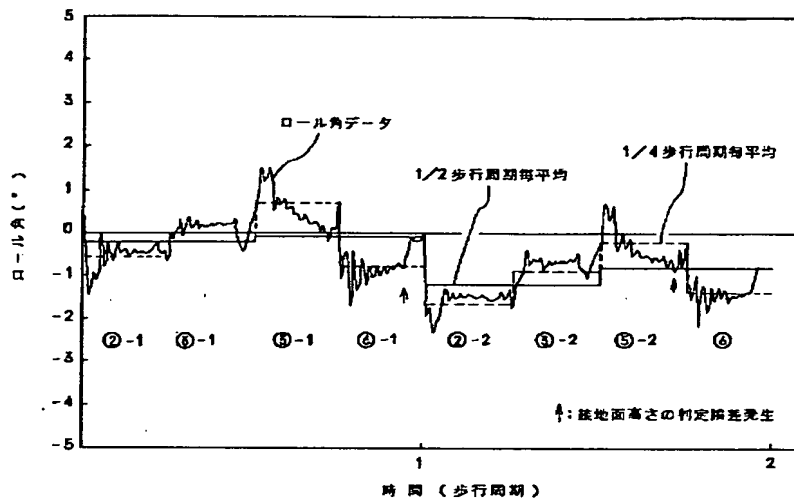
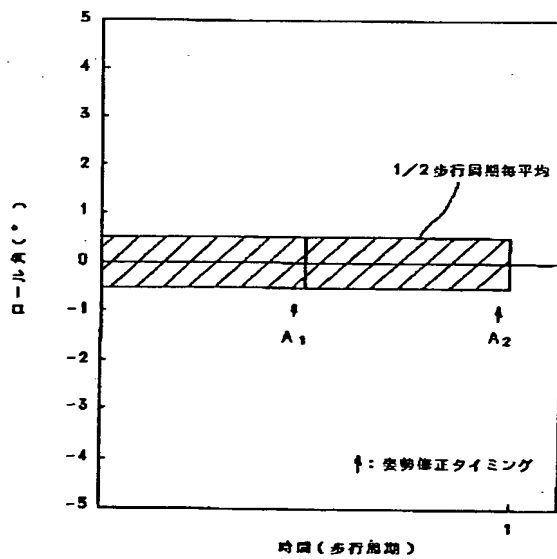


図 9

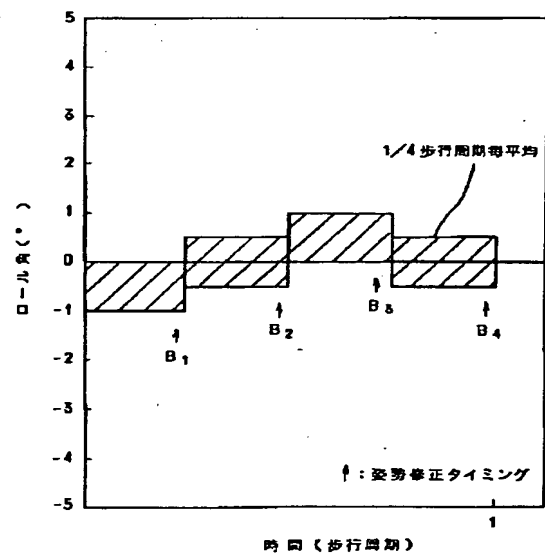
【図8】

図 8



【図9】

図 9



フロントページの続き

(51)Int. Cl. 5

G 0 5 D 1/00

識別記号

庁内整理番号

9323-3H

F I

技術表示箇所